

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ТОНКИХ ПЛЁНОК TiAlN/Si

Е. И. Гацкевич<sup>1</sup>, Г. Д. Ивлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: gatskevich\_elena@yahoo.com

В развитие исследований процессов лазерной модификации тонких плёнок бинарного нитрида TiAlN, известного как материал износостойких покрытий и упрочняющих слоёв [1], нами проведено численное моделирование температурной динамики состояния плёнки на подложке Si в условиях наноимпульсного нагрева (пучком рубинового лазера), обуславливающего эффекты облучения, о которых сообщалось ранее [2].

Рассматривалось воздействие импульсов излучения длительностью 70 нс с однородным распределением плотности энергии по области облучения. Конкретные расчеты проводились для образца TiAlN/Si (толщина пленки TiAlN около 0,5 мкм). Поскольку в анализируемых экспериментальных условиях длина тепловой диффузии за время импульса намного меньше диаметра лазерного пятна, поставленная тепловая задача была сформулирована в одномерном приближении. Уравнение теплопроводности для системы плёнка – подложка решалось в конечных разностях методом прогонки по неявной разностной схеме.

В результате проведённого исследования получены расчётные данные о пространственно-временной эволюции температуры в нагреваемом слое при ряде плотностей энергии ( $W$ ) лазерного облучения системы TiAlN/Si. В частности, определены зависимости пиковых значений температуры от  $W$ , получены расчетные значения температур, при которых экспериментально наблюдаются [2] изменения морфологии плёнки (0,6...0,9 Дж/см<sup>2</sup>), и вычислена температура её поверхности на пороге разрушения и удаления с подложки Si вследствие абляции. Оценены термоупругие напряжения, возникающие в плёнке при импульсном выделении тепла в области поглощения лазерного излучения.

1. Leyendecker T., Lemmer O., Esser S., Ebberink J. // Surface and Coatings Technology. 1991. V. 48. P. 175.
2. Ивлев Г. Д., Зайков В. А., Климович И. М., Людчик О. Р. Взаимодействие излучений с твёрдым телом. Материалы 11-й Международной конференции. Минск, Беларусь, 23–25 сентября 2015 г. Минск, Издательский центр БГУ, 2015. С. 33–35.